

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-181599

(P2003-181599A)

(43) 公開日 平成15年7月2日 (2003.7.2)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	データベース (参考)
B 2 2 C	9/10	B 2 2 C	Z 4 E 0 9 3
	9/04		K
	9/24		C

審査請求 有 請求項の数15 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2002-309155(P2002-309155)

(22) 出願日 平成14年10月24日 (2002. 10. 24)

(31) 優先権主張番号 10/001780

(32) 優先日 平成13年10月24日 (2001. 10. 24)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 590005449

ユナイテッド テクノロジーズ コーポ
レーション

UNITED TECHNOLOGIES
CORPORATION

アメリカ合衆国、コネチカット 06101,
ハートフォード、ユナイテッド テクノ
ロジーズ ビルディング

(74) 代理人 100062199

弁理士 志賀 富士弥 (外2名)

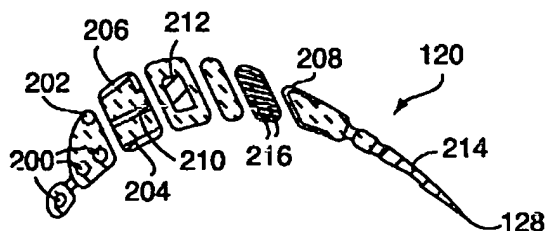
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 精密インベストメント鋳造用コア

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 向上した機械的特性を有し、現在のセラミックコアより薄い厚みで製造できるインベストメント鋳造用のコアを提供する。

【解決手段】 コアは、耐熱金属要素とセラミック要素とを含む複合物である。耐熱金属要素は、コアの機械的特性を向上させるように、あるいは、他の方法では得ることができなかったであろう形状および形状寸法を有するコアの製造を可能とするように、提供される。一実施態様では、コア全体を、耐熱金属構成要素から形成できる。コアは、ガスタービン超合金構成要素をインベストメント鋳造するのに使用できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 インベストメント鑄造物内に内部通路を形成するためにインベストメント鑄造方法において使用する複合コアであって、

a) セラミック要素(120)と、

b) このセラミック要素に取り付けられた耐熱金属要素(200)と、を含むことを特徴とする複合コア。

【請求項2】 前記セラミック要素(120)は、酸化物セラミックであることを特徴とする請求項1記載の複合コア。

【請求項3】 前記耐熱金属要素(200)は、少なくとも1層の耐酸化性被覆層で被覆されることを特徴とする請求項1記載の複合コア。

【請求項4】 前記耐熱金属要素は、少なくとも1本のワイヤー(200)を含むことを特徴とする請求項1記載の複合コア。

【請求項5】 前記耐熱金属要素は、少なくとも1枚のシート(204)を含むことを特徴とする請求項1記載の複合コア。

【請求項6】 前記耐熱金属要素(200)は、前記セラミック要素(120)内に埋め込まれることを特徴とする請求項1記載の複合コア。

【請求項7】 前記耐熱金属要素(200)は、前記セラミック要素(120)の表面に取り付けられることを特徴とする請求項1記載の複合コア。

【請求項8】 前記取り付けは、機械的取り付けであることを特徴とする請求項7記載の複合コア。

【請求項9】 前記取り付けは、化学結合であることを特徴とする請求項7記載の複合コア。

【請求項10】 インベストメント鑄造物の製造に使用されるモールドーコアアッセンブリであって、

1) 複合コアアッセンブリと、

2) 前記コアを取り囲み、前記コアから間隔を置いてキャビティを形成するセラミックシェルモールドと、

3) 前記シェルモールド内にあり、前記キャビティに溶融した金属を満たす手段と、

を含み、前記複合コアアッセンブリは、

a) セラミック要素(120)と、

b) このセラミック要素に取り付けられた耐熱金属要素(200)と、

を含み、組み合わせられた前記セラミック要素と前記耐熱金属要素との外部輪郭は、ゲート要素および供給要素とともに所望する所定の内部通路の輪郭に実質的に一致する、ことを特徴とするモールドーコアアッセンブリ。

【請求項11】 内部に取り込まれた複合コアを含む鑄造超合金本体から成る鑄造物品であって、前記複合コアは、

a) セラミック要素と、

b) このセラミック要素に取り付けられた耐熱金属要素

と、

を含み、組み合わせられた前記セラミック要素の外部輪郭は、ゲート要素および供給要素とともに所望する所定の内部通路の輪郭に実質的に一致する、ことを特徴とする鑄造物品。

【請求項12】 少なくとも1つのセラミック要素(120)と、少なくとも1つの耐熱金属要素(200)とを含む、超合金のインベストメント鑄造に使用する複合コアであって、約0.015インチ未満の寸法を有する少なくとも1つの要素を含むことを特徴とする複合コア。

【請求項13】 約0.012インチ未満の寸法を有する内部通路を備えることを特徴とする、鑄造されたままの超合金物品。

【請求項14】 超合金インベストメント鑄造物を製造するコアであって、このコアの後縁(128)を形成する耐熱金属要素を含むことを特徴とするコア。

【請求項15】 超合金インベストメント鑄造物を製造するのに使用するコア-シェルアッセンブリであって、前記コア(232)と前記シェル(234)とに取り付けられた少なくとも1つの耐熱金属要素を含むことを特徴とするコア-シェルアッセンブリ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、インベストメント鑄造用コアに関し、より詳細には、少なくとも部分的に耐熱金属から形成されるインベストメント鑄造用コアに関する。

【0002】

【従来の技術】インベストメント鑄造は、複雑な形状を有する金属構成要素、特に中空構成要素を形成するのに一般に使用される技術であり、超合金ガスタービンエンジン構成要素を製造するのに使用されている。本発明は、超合金鑄造物の製造に関して説明するが、本発明がそれに限定されないことは、理解されるであろう。

【0003】ガスタービンエンジンは、航空機の推進、発電、船舶の推進に広く使用されている。全てのガスタービンエンジン用途において、効率が最重要の目的である。

【0004】ガスタービンエンジン効率の改善は、より高温での作動により達成できるが、現在の作動温度は、タービンセクションにおいて、使用される超合金材料が不十分な機械的特性を有するような水準にある。その結果、ガスタービンエンジンの最も高温部分、通常はタービンセクション、の構成要素を空冷するのが一般的な方法になっている。冷却は、エンジンの圧縮機セクションから相対的に低温の空気を、冷却されるタービン構成要素内の通路を通して流すことによって行われる。冷却には、付随してエンジン効率に犠牲が伴うこと、従って、向上した特定の冷却を行って所定量の冷却空気から得ら

れる冷却の利益量を最大にするのが非常に望まれていること、が理解されるであろう。

【0005】図1を参照すると、ガスタービンエンジン10は、圧縮機12、燃焼器14、タービン16を含む。空気18が、エンジン10のセクション12、14、16を通して軸方向に流れる。当業技術内でよく知られるように、空気18は、圧縮機12内で圧縮され、燃料と混合され、この燃料は、燃焼器14内で燃焼され、タービン16内で膨張し、それによって、タービン16を回転させ、圧縮機12を駆動する。

【0006】圧縮機12とタービン16の両方は、回転および固定エロフォイル20、22それぞれから構成される。エロフォイル、特にタービン16内に配置されるエロフォイルは、広範囲の温度および圧力下で、繰り返される熱サイクルを受ける。エロフォイルへの熱損傷を防止するために、各エロフォイル20は、内部冷却を含む。

【0007】図2を参照すると、エロフォイル20は、その根本30から先端32に延びる前縁26および後縁28、さらにプラットホーム34を含む。前縁冷却通路40が、エロフォイル20の前縁26内に形成され、径方向に延びる接続チャネル42〜44と、プラットホーム34内に形成されチャネル42と連通する前縁入口46と、を有する。複数の前縁交差孔48が、前縁排気通路52からチャネル44を分離する前縁通路壁50内に形成され、チャネル44からの冷却空気を前縁排気通路52内へ流入させる。後縁冷却通路56が、エロフォイル20の後縁28内に形成され、径方向に延びる接続チャネル58〜60と、プラットホーム34内に形成されチャネル58と連通する後縁入口62と、を有する。第1の複数の後縁交差孔66が、第1の後縁壁68内に形成され、第2の複数の後縁交差孔72が、第2の後縁壁74内に形成されて、チャネル58からの冷却空気を、中間通路78を通して複数の後縁スロット80へと流す。

【0008】図3、図4に示すように、セラミックコア120が、エロフォイル20の製造方法で使用され、その内部には中空のキャビティが形成されている。セラミックコア前縁126、セラミックコア後縁128は、エロフォイル20の前縁26、後縁28にそれぞれ対応する。セラミックコア根本130、先端132は、エロフォイル根本30、先端32にそれぞれ対応する。チャネル142〜144、158〜160、入口146、162をそれぞれ有するセラミックコア通路140、156は、エロフォイルのチャネル42〜44、58〜60、入口46、62をそれぞれ有する通路40、56に対応する。エロフォイルの通路52、78は、セラミックコア内のチャネル152、178に対応する。コア120内の複数のフィンガー148、166、172が、エロフォイル20内の複数の交差孔4

8、66、72にそれぞれ対応する。コア先端190が、フィンガー182〜185によってコア通路140、156に取り付けられて、先端132においてコア120を安定させている。外部セラミックハンドル194が、取り扱い用にコア後縁128に取り付けられる。コア延長部196が、根本においてエロフォイル20への冷却通路を形成する。中心線197〜199が、フィンガー148、166、172の各列を通してそれぞれ径方向に延びる。

【0009】タービブレードおよびペーンが、冷却される最も重要な構成要素の一部ではあるが、燃焼室、ブレード外部空気シールなどの他の構成要素も冷却が必要であり、本発明は、全ての冷却されるタービンハードウェアに対して、さらに実際には、全ての複雑な鋳造物品に対して、適用される。

【0010】現在、図3、図4に示されるものなどのコアは、セラミック材料から製造されるが、そのようなセラミックコアは、脆弱であり、特に、先進のハードウェア内に複雑で小さな冷却通路を製造するのに使用される先進のコアは、脆弱である。現在のセラミックコアは、製造時、鋳造時に変形、破損しやすい。いくつかの先進の実験的なブレード設計においては、主としてコアの破損のために、得られる鋳造歩留まりは、10%未満となる。

【0011】従来のセラミックコアは、セラミックスラリーと成形加工されたダイとを用いて成形方法によって製造されており、射出成形およびトランスファー成形技術の両方を用いることができる。パターン材料は、最も一般にはワックスであるが、プラスチック、低融点金属、尿素などの有機化合物も使用されている。シェルモールドは、コロイド状シリカバインダー（結合剤）を用いてセラミック粒子を互いに結合して形成され、このセラミック粒子は、アルミナ、シリカ、ジルコニア、ケイ酸アルミナなどとすることができる。

【0012】セラミックコアを用いてタービブレードを製造するインベストメント鋳造方法を、ここで簡潔に説明する。内部冷却通路に望まれる形状を有するセラミックコアを、金属ダイの壁が取り囲むがコアから通常間隔を置くように、金属ダイの中に配置する。ワックスなどの使い捨てパターン材料でダイを満たす。ダイを取り外し、セラミックコアをワックスパターン内に埋め込んだままにする。次に、ワックスパターンをセラミックスラリー中に浸し、その後、スラリーに、より大きな乾燥セラミック粒子を付着させることによって、ワックスパターンの周りに外部シェルモールドを形成する。この工程は、スタッコ塗りと呼ばれる。コアごとスタッコ塗りしたワックスパターンを次に乾燥し、さらに、このスタッコ塗りを繰り返して所望する壁厚のシェルモールドを得る。この時点で、モールドを完全に乾燥し、高温で加熱してワックス材料を取り除くとともにセラミック材

料を強化する。

【0013】結果として得られるのは、セラミックコアを含むセラミックモールドであり、これらは組み合わさってモールドキャビティを形成する。コアの外部が、鑄造物内に形成される通路を形成し、シェルモールドの内部が、作成される超合金鑄造物の外部寸法を規定することは、理解されるであろう。コアおよびシェルは、鑄造工程には必要だが最終の鑄造構成要素の一部にはならないゲート、押し湯などの鑄造部分も形成できる。

【0014】ワックスを取り除いた後、シェルモールドおよびコアのアセンブリによって形成されたキャビティ内へ溶融した超合金材料を注ぎ込み、凝固させる。次に、モールドおよびコアは、機械的および化学的手段の組み合わせによって、超合金鑄造物から取り除く。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】先に言及したように、脆弱性によって、さらに、約0.012-0.015インチ未満の寸法のコアが、許容される鑄造歩留まりで現在は製造できないことによって、現在使用されているセラミックコアでは、鑄造物の設計が制限される。

【0016】

【課題を解決するための手段】従って、本発明の目的は、向上した機械的特性を有するインベストメント鑄造のコアを提供することである。

【0017】本発明のさらなる目的は、現在のセラミックコアより薄い厚みで製造できるコアを提供することである。

【0018】本発明のさらなる目的は、鑄造工程中の熱衝撃に耐性のあるコアを提供することである。

【0019】本発明のさらなる目的は、セラミックコア内では得ることができない形状および形態を有するコアを提供することである。

【0020】本発明のさらなる目的は、費用のかかる道具、方法を用いる必要なしに複雑な設計変更を迅速に実施できるコアを提供することである。

【0021】本発明に従って、上述した目的を実現するために、さらに、他の利益を得るために、耐熱金属要素を含むコアが説明される。

【0022】耐熱金属としては、モリブデン、タンタル、ニオブ、タングステンなど、およびこれらの合金などを使用することができる。本発明の目的のために、「耐熱金属」という用語は、上述した耐熱金属に基づく金属間化合物を含むとしても理解されるものである。本発明の一実施態様によれば、これらの耐熱金属のワイヤーを、セラミックコア内に埋め込んで、改善された機械的特性が得られる。

【0023】本発明の別の実施態様によれば、前もって切断し成形加工して必要なコア形状の少なくとも一部に適合させた耐熱金属のシートの周りに、セラミックコアを形成することができる。

【0024】本発明の別の実施態様によれば、耐熱ワイヤーまたはシート金属要素を、コアの一部として形成することができ、さらに、鑄造工程中に溶融した金属に曝すことができる。

【0025】本発明の実施態様によれば、耐熱金属コア構成要素は、耐熱成分が鑄造中に溶融した金属と相互作用するのを防止するように、1層または複数層の保護材料で被覆することができる。

【0026】本発明の別の実施態様によれば、インベストメント鑄造コアは、複合セラミックおよび耐熱金属構成要素から製造することができる。

【0027】本発明は、以下の詳細な説明とともに添付の図面を参照することによって理解することができる。

【0028】

【発明の実施の形態】先に言及したように、従来のセラミックコアは、鑄造物設計に寸法上の制限を課しているため、現在、先進の複雑な超合金物品の設計において制約要因となっている。図5は、本発明のさまざまな実施態様を例示する。図5は、さまざまな例示的耐熱金属要素とともに、図4に示されるような断面図を示す。

【0029】本発明の実施態様を例示する図5をここで参照すると、破損および変形に対する耐性および強度を与えるように、1本または複数本の耐熱金属ワイヤー200をセラミックコア内に埋め込むことができる。断面が円形に示されているが、他のワイヤー断面を使用することもできる。

【0030】コア120の表面セラミックに隣接してワイヤー202を配置することもでき、ワイヤー202によってコア表面輪郭を与えることができる。

【0031】耐熱金属シート要素を使用することもできる。耐熱金属シート要素204をコア要素の表面に配置することができ、あるいは、成形加工された耐熱シート要素206を、コア要素の半径および角を形成するように成形加工することができ、同様に、耐熱金属要素208が、セラミックコア要素の3つの側面および2つの角を形成できる。耐熱シート金属要素210を、一方の表面から他方の表面に延びるように主としてコア要素内に配置することができ、あるいは、耐熱コア要素212を、完全にコア要素内に配置することができる。

【0032】耐熱金属シートを用いなければセラミックから製造できたであろうより薄くて利用できる特性を備えたコア要素を与えるように、後縁128すなわちコア120のいずれか1つまたは複数のコア要素を完全に耐熱金属シート214から形成することができる。

【0033】抵抗溶接、TIG溶接、ろう付け、拡散接合を含むさまざまな方法を用いて結合させた耐熱金属の複合成形加工されたシート216から、コア要素またはコア全体を製造することもできる。

【0034】上述した実施態様は例示的なものである。コア設計者は、特定のコア設計を考慮してこれらの実施

態様を適切に用いて、いずれか1つまたは複数のこれらの実施態様をコア設計に用いることができる。

【0035】図6は、インベストメント鑄造コア全体の一部を形成するために、薄い耐熱シート金属製の後縁コア要素をどのように使用することができるかを示す。突出する領域224または凹部ポケット226を耐熱金属構成要素に設け、この突出要素の周りまたはポケットの中の少なくとも一方へセラミックを挿入して、セラミック要素と耐熱金属要素との間に機械的ロック（機械的固定）を行うことにより、薄い耐熱金属要素220をセラミック部分222に取り付けることができる。

【0036】図7は、エーロフォイルの壁内に小さな直径の冷却孔を形成するために、耐熱金属コア要素230をどのように使用することができるかを例示する。図7において、耐熱要素230は、コア232とシェル234との間に延びる。耐熱要素230は、タービン構成要素の壁内に回旋状の冷却通路を形成するものであり、この冷却通路は、従来のコア技術を用いた鑄造によっては形成することができないであろう。

【0037】Mo、Nb、Ta、Wの耐熱合金は、ワイヤー、シートなどの標準形状で市販されており、これらは、レーザー切断、剪断、穿孔、ホットエッチングなどの方法を用いて、コアを形成するために必要に応じて切断することができる。切断された形状は、曲げ加工およびねじり加工によって変形することができる。標準形状には、空気の乱流を誘発する通路を形成するように波形またはくぼみ（dimple）を付けることができる。通路内に回転ベーンまたはポストを製造するように、シートに孔を打ち抜くことができる。

【0038】耐熱金属は、一般に高温で酸化されやすく、さらに、溶融した超合金にいくぶん溶けもする。従って、耐熱金属コアは、溶融した金属による腐食および酸化を防止するように、保護被覆を必要とする。耐熱金属コア要素は、保護のために1層または複数層の薄い連続した付着性のセラミック層で被覆することができる。適切なセラミックとしては、シリカ、アルミナ、ジルコニア、酸化クロム（chromia）、ムライト、酸化ハフニウム（hafnia）などがある。耐熱金属とセラミックの熱膨張係数（C.T.E.）は、類似しているのが好ましい。セラミック層は、CVD、PVD、電気泳動法、ゾルゲル法などによって、付着させることができる。

【0039】多層の異なるセラミックを使用することができる。個々の層は、一般に0.1〜1ミルの厚みとなる。

【0040】溶融した金属の腐食から保護するためのセラミック被覆と組み合わせて、酸化保護のためにPt、他の貴金属、Cr、Alなどの金属層を、耐熱金属要素に付着させることができる。

【0041】保護SiO₂層を形成するMoSi₂およ

びMo合金などの金属間化合物および耐熱金属合金なども、好ましくなり得る。このような材料は、アルミナなどの非反応性酸化物の良好な付着性を与えると予想される。シリカは酸化物であるが、ニッケル基合金が存在すると非常に反応性となり、他の非反応性酸化物の薄い層で被覆する必要があることは、理解される。しかしながら、同じ特徴によって、シリカは、ムライトを形成するアルミナなどの他の酸化物と容易に拡散接合する。

【0042】本発明の目的のために、固溶体強化物、析出強化物、拡散強化物などを含む金属は、合金として分類される。

【0043】Moの合金は、TZM（0.5%Ti、0.08%Zr、0.04%C、残部Mo）を含み、ランタンと化合された（lanthanated）、Wのモリブデン合金は、W-38%Reを含む。

【0044】上述した合金は、例示であって、限定となることを意図するものではない。

【0045】鑄造工程が完了した後、シェルとコアは、取り除かれる。シェルは、外部にあり、鑄造物からセラミックを取り壊し機械的手段によって、その後必要に応じて、腐食性溶液中に浸漬することを通常含む化学的手段によって、取り除くことができる。

【0046】従来技術においては、セラミックコアは、腐食性溶液を用いて、通常、オートクレーブ中で高温高圧の条件下で、一般に取り除かれる。

【0047】本発明のコアが部分的にセラミックである限り、同じ腐食性溶液を用いたコア除去方法を利用することができる。

【0048】本発明のコアの耐熱金属部分は、酸処理により超合金鑄造物から取り除くことができる。例えば、Moコアをニッケル超合金から取り除くには、本発明者らは、60〜100℃の温度において、40部のHNO₃、30部のH₂SO₄、残部が水からなる溶液、を用いている。

【0049】相対的に大きな断面積の耐熱金属コアでは、揮発性酸化物を形成するMoを除去するのに熱酸化を用いることができる。小さな断面のMoコアにおいては、熱酸化は効果的でないことが見出された。

【0050】上述したように、金属Mo、Nb、W、Ta、これらの合金、これらの金属に基づく金属間化合物、に基づくコアが、好ましい。

【図面の簡単な説明】

【図1】ガスタービンエンジンの簡略切欠立面図である。

【図2】図1のガスタービンエンジンのエーロフォイルの拡大断面立面図である。

【図3】本発明による図2のエーロフォイルを製造するための、冷却通路を形成するセラミックコアの立面図である。

【図4】図3の4-4の方向にとったセラミックコアの

断面立面図である。

【図5】本発明の実施態様を例示する4-4の方向にとったセラミックコアの断面立面図を示す。

【図6】機械的取り付け機構を示す。

【図7】回旋状の冷却通路を形成するための耐熱金属コアの詳細を示す。

【符号の説明】

10…ガスタービンエンジン

20…エーロフォイル

120…セラミックコア

126…セラミックコア前縁

128…セラミックコア後縁

200…耐熱金属ワイヤー

202…ワイヤー

204…耐熱金属シート要素

206…耐熱シート要素

208…耐熱金属要素

210…耐熱金属シート要素

212…耐熱コア要素

214…耐熱金属シート

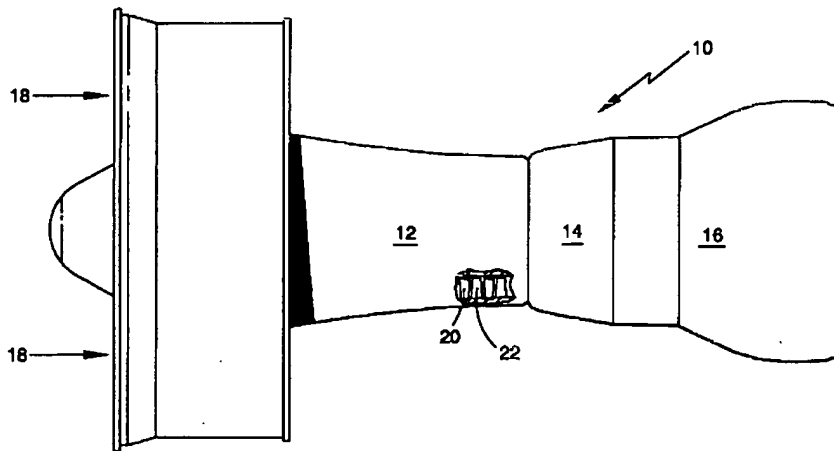
216…シート

230…耐熱金属コア要素

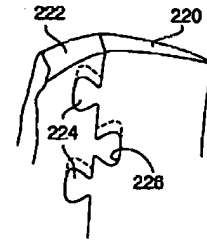
232…コア

234…シェル

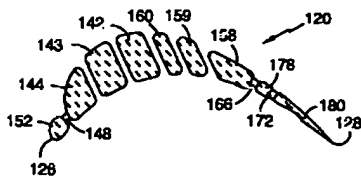
【図1】



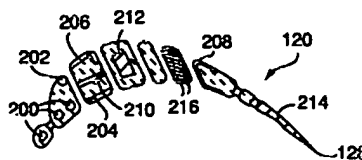
【図6】



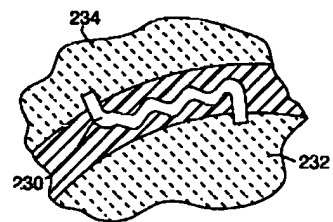
【図4】



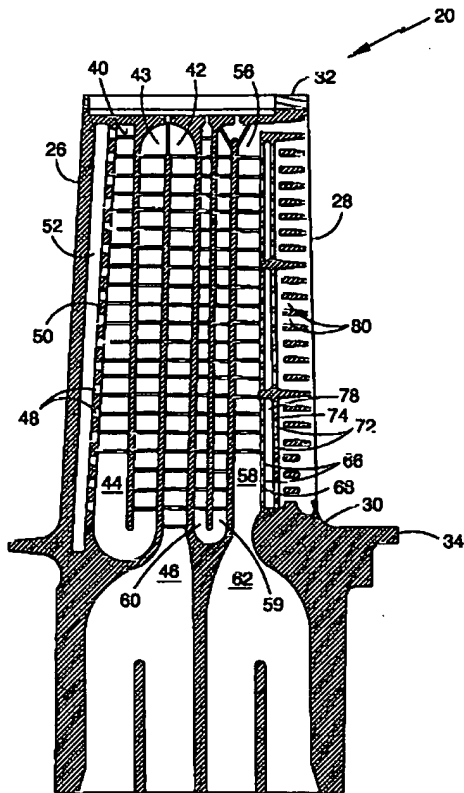
【図5】



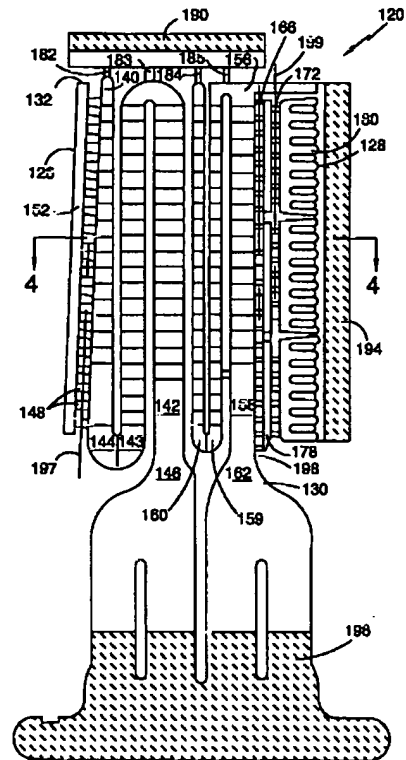
【図7】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 ディリップ エム. シャー
アメリカ合衆国, コネチカット, グラスト
ンベリー, ハンプシャー ドライブ 95
(72)発明者 ジェームズ トンアソン ビールズ
アメリカ合衆国, コネチカット, ウェスト
ハートフォード, マイルズ スタンディ
ッシュ ドライブ 17

(72)発明者 ジョン ジョセフ マーチン, ジュニア
アメリカ合衆国, コネチカット, マルボ
ロ, バージニア レイル ドライブ 50
(72)発明者 ステファン ダグラス ムレイ
アメリカ合衆国, コネチカット, マルボ
ロ, ヒッコリー ロード 35
Fターム(参考) 4E093 QA04 QB01 QB08 UC01 UC02